

Publication number: JP2000341344 (A)
Publication date: 2000-12-08
Inventor(s): TAGA HIDENORI; GOTO KOJI +
Applicant(s): KDD KATEI CABLE SYSTEM KK +

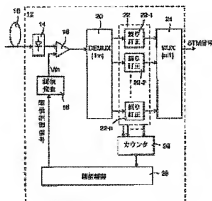
JP4019555 (B2)
EP1056229 (A2)
EP1056229 (A3)
EP1056229 (B1)

- **international:** H03F3/08; H04B10/04; H04B10/06; H04B10/14; H04B10/158;
H04B10/26; H04B10/28; H04L13/18; H03F3/04; H04B10/04;
H04B10/06; H04B10/14; H04B10/152; H04B10/26; H04B10/28;
H04L13/00; (IPC1-7): H03F3/08; H04B10/04; H04B10/06;
H04B10/14; H04B10/26; H04B10/28; H04L12/28; H04L13/18

- **European:** H04B10/158E3

Application number: JP19990145418 19990525
Priority number(s): JP19990145416 19990525

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical receiver that stably discriminates a received signal independently of timing fluctuation of a transmission signal, the receiver comprising a circuit that compares a threshold of the received signal adaptively in response to the change of a transmission characteristics and to provide a method and an apparatus of a transmission system. SOLUTION: A light receiving element 16 compares the output of a light receiving element 14 with the output Vth of a threshold generating circuit 18 to threshold process the output of the light receiving element 14. A threshold value generating circuit 22 generates a threshold value of the comparator 16 into n-channels and gives a binary signal of each channel to error correction circuits 22-1-22-n respectively. The error correction circuits 22-1-22-n correct the threshold value into a demultiplexer circuit 20 and give the result to a multiplexer 24 and gives the number of errors to a counter 26. The counter 26 sums the number of errors of each channel and gives the result to a threshold value generating circuit 28. The threshold circuit 28 generates the circuit 18 to generate a plurality of thresholds almost simultaneously, decides an optimum discrimination threshold with respect to the change of a transmission characteristics of a transmission line 10 on the basis of the total error number with respect to each threshold and allows the circuit 18 to generate a decided discrimination threshold. The optimum discrimination threshold is optimized successfully.



Data supplied from the *espacenet* database — Worldwide

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	チーコード ⁷ (参考)
H 0 4 L 13/18		H 0 4 L 13/18	5 J 0 9 2
H 0 3 F 3/08		H 0 3 F 3/08	5 K 0 0 2
H 0 4 B 10/28		H 0 4 B 9/00	Y 5 K 0 3 3
10/26			S 5 K 0 3 4
10/14		H 0 4 L 11/00	3 1 0 A

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-145416

(22) 出願日 平成11年5月25日 (1999.5.25)

(71) 出願人 595162345

ケイディディ海底ケーブルシステム株式会社
東京都新宿区西新宿3丁目7番1号

(72) 発明者 多賀 秀徳

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号ケイディディ海底ケーブルシステム株式会社内

(73) 発明者 後藤 光司

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号ケイディディ海底ケーブルシステム株式会社内

(74) 代理人 100090284

弁理士 田中 常雄

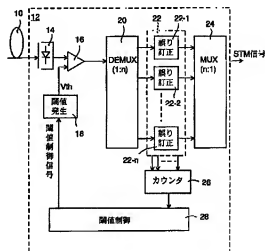
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光受信装置及び方法並びに光伝送システム

(57) 【要約】

【課題】 信号受信特性を改善する。

【解決手段】 光受信端局12の受光素子14は、光伝送路10からの信号光を電気信号に変換する。閾値発生回路18は、受光素子14の出力を2値化するための閾値V_{th}を発生する。比較器16は受光素子14の出力と閾値発生回路18の出力V_{th}を比較して受光素子14の出力を2値化する。分離回路20は比較器16の出力をnチャンネルに分離し、各チャンネルの2値信号をそれぞれ誤り訂正回路22-1〜22-nに供給する。回路22-1〜22-nは分離回路20からの信号のエラーを訂正して多重器24に供給し、そのエラー数をカウンタ26に供給する。カウンタ26は、各チャンネルのエラー数を合計して閾値制御回路28に供給する。閾値制御回路28は、回路18に時間的に前後して複数の閾値を発生させ、各閾値に対する総エラー数から光伝送路10の現在の伝送状態に対して最適な弁別閾値を決定し、以後、次に弁別閾値を最適化するまでの間、決定した弁別閾値を回路18に発生させる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光伝送路から入力する信号光を受信する光受信手段と、

当該光受信手段の出力信号を弁別する弁別手段と、
当該光受信手段で受信された信号に従い当該光伝送路の伝送特性を評価する評価手段と、
当該評価手段の評価結果に従い、当該弁別手段における弁別閾値を制御する閾値制御手段とを具備することを特徴とする光受信装置。

【請求項 2】 当該評価手段が、当該弁別手段の出力信号のエラー数を計数する計数手段からなる請求項 1 に記載の光受信装置。

【請求項 3】 当該閾値制御手段は、当該弁別閾値を所定範囲内で変化させ、各弁別閾値における当該評価手段の評価結果から最適な弁別閾値を決定し、以後、所定期間、当該最適な弁別閾値を発生する請求項 2 に記載の光受信装置。

【請求項 4】 当該評価手段は、当該光受信手段により受信された受信信号を互いに異なる複数の固定閾値で弁別する 2 以上の計測用弁別手段と、当該各計測用弁別手段の出力に含まれるエラー数に関する情報を計測するエラー計測手段と、当該エラー計測手段の計測結果からマーク側及びスペース側の少なくとも一方の標準偏差を算出する標準偏差算出手段とからなる請求項 1 に記載の光受信装置。

【請求項 5】 当該評価手段は、当該光受信手段により受信された受信信号を互いに異なる複数の固定閾値で弁別する 2 以上の計測用弁別手段と、当該各計測用弁別手段の出力に含まれるエラー数に関する情報を計測するエラー計測手段とを具備し、

当該閾値制御手段は、当該エラー計測手段の各計測結果から得られるマーク側及びスペース側の符号誤り率の変化に従い、当該弁別手段における最適な弁別閾値を決定する請求項 1 に記載の光受信装置。

【請求項 6】 当該評価手段は、受信信号からクロックを抽出するクロック抽出手段からなり、当該閾値制御手段は、当該クロック抽出手段の出力の振幅に従い、当該弁別手段における最適な弁別閾値を決定する請求項 1 に記載の光受信装置。

【請求項 7】 当該光受信手段が、光伝送路から入力する信号光を電気信号に変換する受光器と、当該受光器の出力を当該弁別手段及び当該評価手段に供給する電気分岐手段とからなる請求項 1 に記載の光受信装置。

【請求項 8】 当該光受信手段が、光伝送路から入力する信号光を複数の経路に分岐する光分岐手段と、当該光分岐手段の各出力光を電気信号に変換する複数の受光器とからなる請求項 1 に記載の光受信装置。

【請求項 9】 当該評価手段は、入力信号の振幅を評価する振幅評価手段を有する請求項 1 に記載の光受信装置。

【請求項 10】 当該振幅評価手段が過飽和吸収体からなる請求項 9 に記載の光受信装置。

【請求項 11】 光伝送路から入力する信号光を受信する光受信ステップと、
当該光受信ステップで受信された信号を弁別する弁別ステップと、
当該光受信ステップで受信された信号に従い当該光伝送路の伝送特性を評価する評価ステップと、
当該評価手段の評価結果に従い、当該弁別ステップにおける弁別閾値を制御する閾値制御ステップとを具備することを特徴とする光受信方法。

【請求項 12】 当該評価ステップが、当該弁別ステップにより弁別された信号のエラー数を計数する計数ステップからなる請求項 11 に記載の光受信方法。

【請求項 13】 当該閾値制御ステップは、当該弁別閾値を所定範囲内で変化させたときの、各弁別閾値における当該評価ステップの評価から最適な弁別閾値を決定し、以後、所定期間、当該最適な弁別閾値を発生する請求項 12 に記載の光受信方法。

【請求項 14】 当該評価ステップは、当該光受信ステップで受信された受信信号を互いに異なる複数の固定閾値で弁別する 2 以上の計測用弁別ステップと、当該各計測用弁別ステップの出力に含まれるエラー数に関する情報を計測するエラー計測ステップと、当該エラー計測ステップの計測結果からマーク側及びスペース側の少なくとも一方の標準偏差を算出する標準偏差算出ステップとからなる請求項 11 に記載の光受信方法。

【請求項 15】 当該評価ステップは、当該光受信ステップで受信された受信信号を互いに異なる複数の固定閾値で弁別する 2 以上の計測用弁別ステップと、当該各計測用弁別ステップの出力に含まれるエラー数に関する情報を計測するエラー計測ステップとを具備し、

当該閾値制御ステップは、当該エラー計測ステップの各計測結果から得られるマーク側及びスペース側の符号誤り率の変化に従い、当該弁別ステップにおける最適な弁別閾値を決定する請求項 11 に記載の光受信方法。

【請求項 16】 当該計測ステップは、受信信号からクロックを抽出するクロック抽出ステップからなり、当該閾値制御ステップは、当該クロック抽出ステップで抽出されたクロックの振幅に従い、当該弁別ステップにおける最適な弁別閾値を決定する請求項 11 に記載の光受信方法。

【請求項 17】 光伝送路、当該光伝送路に信号光を出力する光送信端局、及び当該光伝送路を伝送した信号光を受信する光受信端局とからなる光伝送システムであって、当該光受信端局が請求項 1 乃至 10 の何れか 1 項に記載の光受信装置からなることを特徴とする光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光受信装置及び方法並びに光伝送システムに関する。

【0002】

【従来の技術】光伝送システムでは、数誤時に伝送路の伝送特性を測定し、その結果に従い、受信端局における受信信号光の弁別閾値を決定する。そして、以後、その閾値により受信信号光の信号値を判別する。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】このように、従来例では、受信信号光の弁別閾値は固定されている。しかし、光伝送路の伝送特性は時間的に変動し、その結果、受信信号光の最適な弁別閾値も変動することが分かってきた。図18は、最適弁別閾値の時間的変動の測定結果例を示す。縦軸は、最適弁別閾値を示し、横軸は経過時間を示す。

【0004】このような変動に対して、受信信号光の弁別閾値を固定値のままですと、符号誤り率(Q値)が劣化してしまう。

【0005】本発明は、伝送特性の時間的変動に関わらず、安定的に受信信号を弁別できる光受信装置及び方法並びに光伝送システムを提示することを目的とする。

【0006】本発明はまた、伝送特性の変動に応じて適応的に受信信号の弁別閾値を調整する光受信装置及び方法並びに光伝送システムを提示することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上述の目的を解決するため、本発明では、光伝送路から入力した信号に従って光伝送路の伝送特性を評価し、その評価結果に従い、受信信号の弁別閾値を最適値に制御するようにした。これにより、光伝送路の伝送特性の変動に対して、常時又は実質的に常時、受信特性を最適化状態に制御できるようにする。

【0008】光伝送路の伝送特性は、例えば、受信信号のエラー数で評価できる。信号の弁別閾値を所定範囲内で変化させ、各弁別閾値における伝送特性評価結果から最適な弁別閾値を決定し、以後、所定期間、その最適な弁別閾値を発生するようにすれば、伝送特性の変動に対して、自動的に良好な受信特性を選択設定できる。

【0009】光伝送路の伝送特性はまた、受信信号を互いに異なる複数の固定閾値で弁別した結果のエラー数を比較対照して、マーク間及びスペース間の少なくとも一方の標準偏差を算出しても、評価できる。弁別閾値を走査する必要があるため、迅速に最適値を決定できる。

【0010】光伝送路の伝送特性はまた、受信信号を互いに異なる複数の固定閾値で弁別する結果のエラー数を比較照合して、弁別閾値に対するエラー数の分布を推定することも評価できる。この場合、推定されたエラー数分布でエラー数が最低になる弁別閾値を最適値とする。弁別閾値を走査する必要があるため、迅速に最適値を決定できる。

【0011】光伝送路の伝送特性はまた、受信信号から抽出したクロックの振幅によっても評価できる。この場合、抽出されたクロックの振幅に従い最適な弁別閾値が決定される。弁別閾値を走査する必要があるため、迅速に最適値を決定できる。

【0012】

【実施例】以下、図面を参照して、本発明の実施例を詳細に説明する。

【0013】図1は、本発明の一実施例を組み込んだ光受信端局の概略構成ブロック図を示す。

【0014】光伝送路10から本実施例の光受信端局12に信号光が入力する。光受信端局12の受光素子14は、光伝送路10からの信号光を電気信号に変換して、比較器16の一方の入力に印加する。閾値発生回路18は、受光素子14の出力を2値化するための閾値V_{th}を発生して、比較器16の他方の入力に印加する。比較器16は受光素子14の出力と閾値発生回路18の出力V_{th}を比較して、受光素子14の出力を2値化する。分離回路20は比較器16の出力をn個(例えば、n=16)のチャンネルに分離し、各チャンネルの2値信号をそれぞれ誤り訂正回路22-1~22-nに供給する。誤り訂正回路22-1~22-nは分離回路20からの信号のエラーを訂正して多重器24に供給すると共に、そのエラー数をカウンタ26に供給する。既存の誤り訂正回路の多くは、このようなエラー数の出力機能を具備するので、本実施例のために特別の誤り訂正回路を用意する必要は無い。多重器24は、誤り訂正回路22-1~22-nからのn個の信号を時間軸上で多重し、STM信号として後段の回路(例えば、光伝送路10が国際光ファイバ伝送路である場合には、国内通信網)に供給する。

【0015】カウンタ26は、誤り訂正回路22-1~22-nからのエラー数を合計して、閾値制御回路28に供給する。カウンタ26の出力値は、いわば、光伝送路10のQ値を代表する。閾値制御回路28は、閾値発生回路18に閾値制御信号を供給して、その発生閾値V_{th}を変更することができる。閾値制御回路28は、閾値発生回路18に時間的に前送して複数の閾値を発生させ、各閾値に対するカウンタ26の出力から光伝送路10の現在の伝送状態に対して最適な弁別閾値を決定し、以後、次に弁別閾値を最適化するまでの間、決定した弁別閾値を閾値発生回路18に発生させる。

【0016】図2は、閾値制御回路28の動作フローチャートを示し、図3は、閾値とエラー数との関係の模式図を示す。図3で、横軸は弁別閾値を示し、縦軸はエラー数を棒グラフとして示す。

【0017】閾値制御回路28は、現在の閾値でカウンタ26の出力(全チャンネルのエラー数の総和)を取り込み、その平均値を記憶する(S1)、閾値制御回路28は、閾値発生回路18を制御して弁別閾値をマイナス

側に所定値だけシフトさせ (S2)、各閾値でのカウンタ26の出力を取り込む (S3)。弁別閾値の1回のシフト量は、ある程度、粗くて良い。図4は、閾値の変化に対するQ値の変化の測定例を示す。図4で、横軸は、最速閾値からのずれをビット単位で示し、縦軸は、最速閾値の場合にW値からの劣化量 (dB) を示す。弁別閾値を10mVの幅で変化させれば、Q値の劣化量も0.1dB以下となるので、10mV刻みで閾値を変化させて、エラー数をカウントすればよい。閾値がマイナス側の限界閾値に到達するまで (S4)、閾値Vthのマイナス側へのシフトと (S2)、各閾値でのカウンタ26の出力の取り込み (S3) を繰り返す。

【0018】閾値がマイナス側の限界閾値に到達すると (S4)、閾値をS1での初期値に戻して、再度、一定時間、カウンタ26の出力を取り込み、その平均値を記憶する (S6)。今度は、閾値Vthがプラス側の限界閾値に到達するまで (S9)、閾値Vthをプラス側に段階的にシフトさせ (S7)、各閾値でのカウンタ26の出力の取り込み、記憶する (S8)。

【0019】閾値Vthがプラス側の限界閾値に到達すると (S9)、マイナス側の限界閾値からプラス側の限界閾値までの間の各閾値でのエラー数の情報が得られたことになる。この結果から、エラー数が最低になる最速弁別閾値を決定し、その後、その閾値を閾値発生回路18に発生させる (S10)。

【0020】図10で決定した閾値を一定時間使用したら、再度、図2に示すフローを実行して、弁別閾値を最適化する。

【0021】図2では、閾値に対するエラー数の情報をマイナス側限界閾値とプラス側限界閾値の間で計測したが、エラー数が限界値以上になれば、それ以上、エラー数が増加する方向に閾値を変化させても無意味である。この観点では、S4～S9において、エラー数が限界値以下である範囲で、閾値を変化させるようにしてもよいことは明らかである。

【0022】また、図1では、理解を容易にするために、比較器16は、1つの閾値で信号 (受光素子14の出力) を2値化している。しかし、マーク信号用の閾値とスペース信号用の閾値を別々に用いる場合にも、本実施例を適用できることは明らかである。それぞれの閾値を図2に示すプロセスで最適化すればよい。

【0023】図5は、本実施例により弁別閾値を適応制御した場合のQ値の測定結果例である。本実施例によるQ値を実線で示す。比較のため、弁別閾値を固定値とした場合のQ値を破線で示す。両者を比較すれば容易に理解できるように、本実施例により、平均的なQ値の高い範囲に保持できている。

【0024】上記実施例では、エラー数が最小になるように弁別閾値を決定した。マークレベルの標準偏差を測定し、その結果から最速閾値を決定することが可能であ

るので、これを利用しても、弁別閾値を最適化できる。図6は、最速閾値と信号のマークレベルの分布 (マークレベルの標準偏差) との間の関係の測定例を示す。図6で、縦軸はマークレベルの標準偏差を示し、横軸は最速閾値を示す。この測定結果では、マークレベルの標準偏差と最速閾値との間の相関係数は-0.82であった。この測定結果から、マークレベルの標準偏差を測定結果により弁別閾値を掃選制御することで、弁別閾値を動的に最適化できる。

【0025】マークレベルの標準偏差を求めるには、例えば、弁別閾値を変化させながら符号誤り率を測定し、その測定結果からQ値を求める方法 (例えば、N. S. Bergano他, IEEE Photonic Technology Letters, Vol. 5, pp. 304-306, 1993) を応用すればよい。例えば、マーク側 (又はスペース側) でQ値などの伝送特性を測定するときには、弁別閾値をマーク側 (又はスペース側) に移動させながら、各閾値レベルでの符号誤り率を測定し、その測定結果の閾値に対する変化から、最良の閾値を決定できる。図7は、弁別閾値に対する符号誤り率の変化の模式図を示す。横軸は弁別閾値、縦軸は符号誤り率をそれぞれ示す。×は測定点を示す。マーク側の測定点を結ぶ補間直線の傾きがマークレベルの標準偏差を示す。従って、少なくとも2つの弁別閾値についてマーク側の符号誤り率を測定できれば、マーク側の標準偏差を知ることができ、弁別閾値を最適化できることになる。

【0026】図8、図9及び図10はそれぞれ、マーク側標準偏差を測定し、その結果により弁別閾値を最適化する実施例の概略構成ブロック図を示す。図8、図9及び図10に示す各実施例は、受信信号の分岐段階が異なるのみで、基本的な動作及び機能は同じである。

【0027】先ず、図8を説明する。光伝送路30から本発明による光受信装置32に信号光が入力する。光受信装置32の受光素子34は、光伝送路30からの信号光を電気信号に変換し、線形増幅器36は受光素子34の出力を線形増幅する。電気信号分岐回路38は増幅器36の出力を可変閾値の弁別回路40、及び固定閾値V_a、V_bの弁別回路42、44に分岐する。分岐回路36は、増幅器36の出力を同時に弁別回路40、42、44に供給する回路でも、最速閾値を決定する時には、増幅器36の出力を弁別回路42、44に供給するが、それ以外では増幅器36の出力を弁別回路40に供給する回路であってもよい。継続的な信号受信という観点では、前者の構成が望ましいことは明らかである。

【0028】弁別回路42、44はそれぞれ固定の閾値V_a、V_bにより入力信号を弁別する。誤り率測定回路46、48は、弁別回路42、44の出力から符号誤り率を測定し、その測定結果を標準偏差算出回路50に供給する。閾値V_a、V_bはそれぞれ、マーク側の標準偏

差を算出するのに必要な2点の符号誤り率を測定できるような値が選択され設定されている。マーク側標準偏差でなく、スペース側の標準偏差を算出して良いが、光パルス伝送では、マーク側標準偏差の方がより正確に伝送路の状態を把握できる。

【0029】標準偏差算出回路50は誤り率測定回路46、48からの測定結果からマーク側の標準偏差を算出する。閾値発生回路52は標準偏差算出回路50により算出された標準偏差を、事前に測定しておいた標準偏差と最適閾値の対応関係に照らし合わせて、最適な弁別閾値を決定し、その最適閾値Vxを弁別回路40に供給する。弁別回路40は閾値発生回路52からの閾値Vxに従い電気信号分岐回路38からの信号を弁別する。弁別回路40で弁別された信号が、受信信号として後段の回路に供給される。

【0030】誤り率測定回路46、48、標準偏差算出回路50及び閾値発生回路52からなる部分は、マイクロコンピュータその他のディジタル演算回路で実現できる。このディジタル演算回路に弁別回路42、44を含めても良い。

【0031】以上の説明から容易に理解できるように、分岐回路38は通常は、増幅器36の出力を弁別回路40に供給し、新たに最適弁別閾値を決定すべきときに、増幅器36の出力を弁別回路42、44に供給すればよい。勿論、分岐回路38は常時、増幅器36の出力を弁別回路40、42、44の全てに供給するようにしてもよい。

【0032】このようにして、図8に示す実施例では、間欠的又は定期的に、2以上の固定閾値により誤り率、従ってマーク側の標準偏差を測定し、その測定結果から最適な弁別閾値を決定し、その最適な弁別閾値により受信信号を弁別する。これにより、本実施例では、伝送路状態の変化に応じて適時的に受信信号の弁別閾値を変更するので、受信状態を常時、最適な状態に維持できる。

【0033】図8に示す実施例では、電気信号分岐回路38により電気段階で受信信号を分岐したが、光段階で受信信号を分岐しても良い。図9は、光段階で信号を分岐する実施例の概略構成ブロック図を示す。

【0034】光伝送路60から本発明による光受信装置62に信号光が入力する。光受信装置62の光信号分岐回路64は、光伝送路60からの信号光を分岐（スイッチング又は分割）して、受光素子66、68、70に供給する。光信号分岐回路64の分岐機能は、電気信号分岐回路38のそれと同じでよい。受光素子66、68、70はそれぞれ、分岐回路64からの信号光を電気信号に変換し、線形増幅器72、74、76はそれぞれ受光素子66、68、70の出力を線形増幅する。

【0035】弁別回路78、80はそれぞれ固定の閾値Va、Vbにより増幅器74、76の出力信号を弁別し、その結果を閾値制御回路82に供給する。閾値制御

回路82は、図8に示す実施例の誤り率測定回路46、48、標準偏差算出回路50及び閾値発生回路52からなる部分と全く同じ構成からなる。すなわち、閾値制御回路82は、弁別回路78、80の出力（異なる2つの閾値Va、Vbによる信号弁別結果）から符号誤り率を計算し、得られた符号誤り率からマーク側の標準偏差を算出し、マーク側標準偏差から最適な弁別閾値を決定する。そして、閾値制御回路82は決定した最適弁別閾値Vxを弁別回路84に供給する。

【0036】弁別回路84は、閾値制御回路82からの弁別閾値Vxに従い、線形増幅器72の出力信号を弁別する。弁別回路84で弁別された信号が、受信信号として後段の回路に供給される。

【0037】図10は、光段階での分岐と電気段階での分岐を組み合わせた実施例の概略構成ブロック図を示す。

【0038】光伝送路90から本発明による光受信装置92に信号光が入力する。光受信装置92の光信号分岐回路94は、光伝送路90からの信号光を分岐（スイッチング又は分割）して、受光素子96、98に供給する。光信号分岐回路94は、光伝送路90からの信号光を選択的に受光素子96又は98に供給するものでも、2分割して受光素子96、98に同時に供給するものでもよい。信号受信の継続性からは後者が好ましい。受光素子96、98はそれぞれ、分岐回路94からの信号光を電気信号に変換し、線形増幅器100、102はそれぞれ受光素子96、98の出力を線形増幅する。

【0039】電気信号分岐回路104は、線形増幅器102の出力信号を固定閾値Va、Vbの弁別回路106、108に同時に供給する。弁別回路106、108はそれぞれ固定の閾値Va、Vbにより電気信号分岐回路104からの信号を弁別し、その結果を閾値制御回路110に供給する。閾値制御回路110は閾値制御回路82と全く同じ構成からなり、同じように動作する。すなわち、閾値制御回路110は、弁別回路106、108の出力（異なる2つの閾値Va、Vbによる信号弁別結果）から符号誤り率を計算し、得られた符号誤り率からマーク側の標準偏差を算出し、マーク側標準偏差から最適な弁別閾値を決定する。そして、閾値制御回路110は決定した最適弁別閾値Vxを弁別回路112に供給する。

【0040】弁別回路112は、閾値制御回路110からの弁別閾値Vxに従い、線形増幅器100の出力信号を弁別する。弁別回路112で弁別された信号が、受信信号として後段の回路に供給される。

【0041】より簡単には、マーク側の符号誤り率とスペース側の符号誤り率を測定し、その測定値の変動から最適弁別閾値を推定することができる。弁別閾値に対するマーク側及びスペース側の符号誤り率の変化の傾きがそれぞれ一定であると仮定した場合には、マーク側及び

スペース側の符号誤り率の測定値がそれぞれ1つで済み、簡易な構成で最適閾値を決定できる。マーク側及びスペース側のそれぞれ複数の弁別閾値で符号誤り率を測定すれば、弁別閾値に対するマーク側及びスペース側の符号誤り率の変化の傾きを動的に測定できるので、より正確に弁別閾値を最適化できることはまた、明らかである。

【0042】図11は、マーク側の符号誤り率とスペース側の符号誤り率により弁別閾値を最適化する実施例の概略構成ブロック図を示す。

【0043】光伝送路120から本発明による光受信装置122に信号光が入力する。光受信装置122の受光素子124は、光伝送路120からの信号光を電気信号に変換し、線形増幅器126は受光素子124の出力を線形増幅する。電気信号分岐回路128は増幅器126の出力を可変閾値の弁別回路130、及び固定閾値Vc、Vdの弁別回路132、134に分岐する。分岐回路128は分岐回路36と同じ機能を具備する。

【0044】弁別回路132は、マークに対する固定の閾値Vcにより入力信号のマークを弁別する。弁別回路134は、スペースに対する固定の閾値Vdにより入力信号のスペースを弁別する。閾値Vcは2値信号を識別する通常の弁別閾値よりも高い値に設定され、逆に閾値Vdは、2値信号を識別する通常の弁別閾値よりも低い値に設定されている。誤り率測定回路136は、弁別回路132の出力からマーク側の符号誤り率を算出し、誤り率測定回路138は、弁別回路134の出力からスペース側の符号誤り率を算出する。誤り率測定回路136、138の測定結果は、閾値制御回路140に供給される。閾値制御回路140は、誤り率測定回路136、138により測定されたマーク側及びスペース側の誤り率から最適な弁別閾値Vxを決定し、弁別回路130に供給する。

【0045】弁別回路130は閾値制御回路140からの閾値Vxに従い電気信号分岐回路128からの信号を弁別する。弁別回路140で弁別された信号が、受信信号として後段の回路に供給される。

【0046】図12、図13及び図14を参照して、閾値制御回路140における最適閾値Vxの決定法を説明する。図12、図13及び図14は、弁別閾値に対する符号誤り率の変化を示す。図12は初期状態、図13は、図12に示す初期状態からスペース側符号誤り率が增大した状態、図14は、逆に、図12に示す初期状態からマーク側符号誤り率が增大した状態をそれぞれ示す。図12、図13及び図14で、横軸は弁別閾値、縦軸は符号誤り率を示す。

【0047】図12に示す初期状態では、マーク側の符号誤り率の直線とスペース側符号誤り率の直線の交点に対する弁別閾値V1が、最適な弁別閾値Vxとなる。マーク側の符号誤り率の直線と、スペース側符号誤り率の

直線の傾きが既知の場合、図11に示す実施例のように、マーク側符号誤り率を閾値Vcで測定し、スペース側符号誤り率を閾値Vdで測定することで、交点に対する弁別閾値V1を簡単に算出できる。符号誤り率の弁別閾値に対する傾きの変化を無視できない場合又は、より高精度に最適な弁別閾値を決定した場合には、マーク側符号誤り率を複数の弁別閾値で測定すると共に、スペース側符号誤り率も複数の弁別閾値で測定すればよいことは明らかである。

【0048】図12に示す初期状態からスペース側符号誤り率が增大すると、図13に示すように、マーク側の符号誤り率の直線とスペース側符号誤り率の直線の交点に対応する閾値V2はV1に比べて右方向に移動する。これにより、閾値制御回路140は、弁別閾値V2を新たな最適な弁別閾値Vxとして弁別回路130に供給する。

【0049】逆に、図12に示す初期状態からマーク側符号誤り率が增大すると、図14に示すように、マーク側の符号誤り率の直線とスペース側符号誤り率の直線の交点に対応する閾値V3はV1に比べて左方向に移動する。これにより、閾値制御回路140は、弁別閾値V3を新たな最適な弁別閾値Vxとして弁別回路130に供給する。

【0050】このようにして、図11に示す実施例では、非常に簡単な構成で、伝送路状態に応じて適応的に弁別閾値を最適化して、受信状態を最適な状態に維持できる。

【0051】図8に示す実施例を図9及び図10に示す実施例のように変更したのと同様に、図11に示す実施例も、信号の分岐を光分岐及び又は電気分岐で変更しても、同様の作用効果を得ることができる。

【0052】図15は、受信信号から再生されるクロック信号の振幅により弁別閾値を最適化する実施例の概略構成ブロック図を示す。

【0053】光伝送路150から本発明による光受信装置152に信号光が入力する。光受信装置152の受光素子154は、光伝送路150からの信号光を電気信号に変換し、線形増幅器156は受光素子154の出力を線形増幅する。電気信号分岐回路158は増幅器156の出力を可変閾値の弁別回路160及びクロック抽出回路162に分岐する。分岐回路158は、分岐回路36、128と同様に、増幅器156の出力を弁別回路160及びクロック抽出回路162の両方に同時に供給するものでも、弁別回路160又はクロック抽出回路162に選択的に供給するものでも、どちらでもよい。信号受信の継続性からは前者の機能が望ましい。

【0054】クロック抽出回路162は分岐回路158からの信号からクロックを抽出する。通常の光受信器では、クロック信号振幅を一定にするためにリミティング・アンプを使用するが、本実施例では、線形増幅器15

6を使用している。これにより、クロック抽出回路162は、受信信号光の波形に応じた振幅のクロック信号を得ることができる。

【0055】クロック抽出回路162により抽出されたクロック信号は線形増幅器164により線形増幅されて閾値制御回路166に印加される。閾値制御回路166は、線形増幅器164からのクロック信号の振幅に応じて弁別回路160の弁別閾値を最適値Vxに制御する。すなわち、マーク側の雑音が大きき場合、図14に図示したように、最適閾値はスペース側に移動し、同時に、クロックの振幅が雑音の影響で減少する。逆に、マーク側の雑音が小さい場合、最適閾値はマーク側に移動し、同時に、クロックの振幅が雑音の影響で増大する。閾値制御回路166には、このようなクロック振幅と最適閾値との対応を示す情報が予めセットされており、閾値制御回路166は、線形増幅器164の出力の振幅(クロック振幅)をこの情報に照合して最適閾値Vxを決定し、弁別回路160に供給する。

【0056】弁別回路160は閾値制御回路166からの閾値Vxに従い電気信号分岐回路158からの信号を弁別する。弁別回路160で弁別された信号が、受信信号として後段の回路に供給される。

【0057】図16は、図15に示す実施例を、電気信号の分岐から光分岐での分岐に変更した実施例の概略構成ブロック図を示す。

【0058】光伝送路170から本発明による光受信装置172に信号光が入力する。光受信装置172の光信号分岐回路174は、光伝送路170からの信号光を分岐(スイッチング又は分割)して、受光素子176、178に供給する。光信号分岐回路174の分岐機能は、電気信号分岐回路158のそれと同じでよい。受光素子176、178はそれぞれ、分岐回路174からの信号光を電気信号に変換する。線形増幅器180は受光素子176の出力を線形増幅して、可変閾値の弁別回路182に供給する。

【0059】クロック抽出回路184は、クロック抽出回路162と同様に、受光素子178の出力からクロック信号を抽出する。図15の場合と同様に、クロック抽出回路184から出力されるクロックの振幅は、光伝送路170の雑音状況を反映している。

【0060】クロック抽出回路184により抽出されたクロック信号は線形増幅器186により線形増幅されて閾値制御回路188に印加される。閾値制御回路188は、閾値制御回路166と同様に、線形増幅器186からのクロック信号の振幅に応じて弁別回路182の弁別閾値を最適値Vxに制御する。

【0061】弁別回路182は閾値制御回路188からの閾値Vxに従い線形増幅器180の出力信号を弁別する。弁別回路182で弁別された信号が、受信信号として後段の回路に供給される。

【0062】図17は、上述した各実施例の光受信装置を受信端局に使用する光伝送システムの概略構成ブロック図を示す。光送信端局210は、光信号を光伝送路212に出力する。光伝送路212は、多数の光ファイバ214と、これら光ファイバ214をシリアルに接続する光増幅中継器216からなる。光伝送路212を伝送した信号光は光受信端局218に入力する。光受信端局218は、上述した光受信装置を内蔵し、光伝送路212の伝送状態に応じて適応的に信号の弁別閾値を最適化して受信信号を弁別する。これにより、光伝送路の伝送特性の経時的な変化に対して適切な弁別閾値を選択設定でき、良好な信号受信性能を維持できる。

【0063】上記各実施例では、最終的に伝送特性を電気信号で評価したが、光のまま伝送特性を評価することも可能である。図19は、その実施例の概略構成ブロック図を示す。

【0064】図19では、光伝送路190から本発明による光受信装置192に信号光が入力する。光受信装置192の光信号分岐回路194は、光伝送路190からの信号光を分岐(スイッチング又は分割)して、特性評価光回路196と受光素子198に供給する。光信号分岐回路194の分岐機能は、電気信号分岐回路158、174のそれと同じでよい。特性評価光回路196は、光信号分岐回路194から入力する信号光から受信信号の弁別閾値を決定する弁別閾値制御信号を生成する。受光素子198は、分岐回路194からの信号光を電気信号に変換する。線形増幅器200は受光素子198の出力を線形増幅して、可変閾値の弁別回路202に供給する。弁別回路202は、特性評価光回路196からの弁別閾値制御信号に応じて弁別閾値で、線形増幅器200の出力信号を弁別する。弁別回路202で弁別された信号が、受信信号として後段の回路に供給される。

【0065】特性評価光回路196は例えば、過飽和吸収体からなる。過飽和吸収体は、弱い入力光を吸収し、強い入力光を吸収せず透過する素子である。光信号の振幅変動が最適な弁別閾値に影響していると考えたと、過飽和吸収体を通じた光信号から弁別閾値を決定する情報を得ることができる。すなわち、過飽和吸収体の出力光が弱いときには、光信号の振幅が小さいと考えられるので、弁別閾値をスペース側に寄せるべきである。逆に、過飽和吸収体の出力光が強いときには、光信号の振幅が大きいと考えられるので、弁別閾値をマーク側に寄せれば良い。このように、弁別回路202は、過飽和吸収体の透過光から、このように弁別閾値を決定すれば良い。これにより、光レベルで伝送特性を評価して、その評価結果より受信信号の弁別閾値をフィードフォワード制御できる。

【0066】

【発明の効果】以上の説明から容易に理解できるように、本発明によれば、伝送特性の変化に関わらず、最適

な状態で信号を受信できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第一実施例の概略構成ブロック図である。

【図2】 閾値制御回路28の動作フローチャートである。

【図3】 閾値とエラー数との関係の模式図である。

【図4】 閾値の変化に対するQ値の変化の測定例である。

【図5】 本実施例により弁別閾値を適応制御した場合のQ値の測定結果例である。

【図6】 最適閾値と信号のマークレベルの分布との間の関係の測定例である。

【図7】 弁別閾値に対する符号誤り率の変化の模式図である。

【図8】 本発明の第2実施例の概略構成ブロック図である。

【図9】 本発明の第3実施例の概略構成ブロック図である。

【図10】 本発明の第4実施例の概略構成ブロック図である。

【図11】 本発明の第5実施例の概略構成ブロック図である。

【図12】 弁別閾値に対する符号誤り率の変化を示す模式図である。

【図13】 スペース間符号誤り率が増大した状態での、弁別閾値に対する符号誤り率の変化を示す模式図である。

【図14】 マーク間符号誤り率が増大した状態での、弁別閾値に対する符号誤り率の変化を示す模式図である。

【図15】 本発明の第6実施例の概略構成ブロック図である。

【図16】 本発明の第7実施例の概略構成ブロック図である。

【図17】 上述した各実施例の光受信装置を受信端局に使用する光伝送システムの概略構成ブロック図である。

【図18】 最適弁別閾値の時間的変動の測定結果例である。

【図19】 伝送特性を光回路で評価する実施例の概略構成ブロック図である。

【符号の説明】

10：光伝送路

12：光受信端局

14：受光素子

16：比較器

18：閾値発生回路

20：分離回路

22-1～22-n：誤り訂正回路

24：多重器

26：カウンタ

28：閾値制御回路

30：光伝送路

32：光受信装置

34：受光素子

36：線形増幅器

38：電気信号分岐回路

40, 42, 44：弁別回路

46, 48：誤り率測定回路

50：標準偏差算出回路

52：閾値発生回路

60：光伝送路

62：光受信装置

64：光信号分岐回路

66, 68, 70：受光素子

72, 74, 76：線形増幅器

78, 80：弁別回路

82：閾値制御回路

84：弁別回路

90：光伝送路

92：光受信装置

94：光信号分岐回路

96, 98：受光素子

100, 102：線形増幅器

104：電気信号分岐回路

106, 108：弁別回路

110：閾値制御回路

112：弁別回路

120：光伝送路

122：光受信装置

124：受光素子

126：線形増幅器

128：電気信号分岐回路

130, 132, 134：弁別回路

136, 138：誤り率測定回路

140：閾値制御回路

150：光伝送路

152：光受信装置

154：受光素子

156：線形増幅器

158：電気信号分岐回路

160：弁別回路

162：クロック抽出回路

164：線形増幅器

166：閾値制御回路

170：光伝送路

172：光受信装置

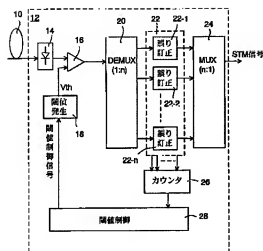
174：光信号分岐回路

176, 178：受光素子

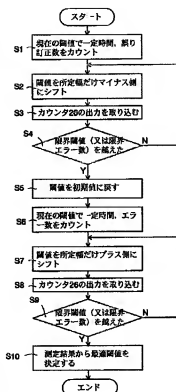
180: 線形増幅器
182: 弁別回路
184: クロック抽出回路
186: 線形増幅器
188: 閾値制御回路
190: 光伝送路
192: 光受信装置
194: 光信号分岐回路
196: 特性評価光回路

198: 受光素子
200: 線形増幅器
202: 弁別回路
210: 光送信端局
212: 光伝送路
214: 光ファイバ
216: 光増幅中継器
218: 光受信端局

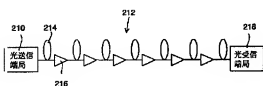
【図1】



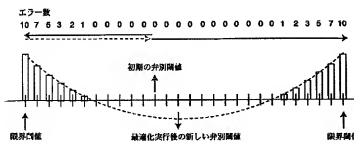
【図2】



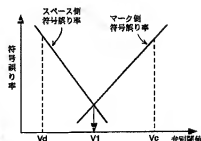
【図17】



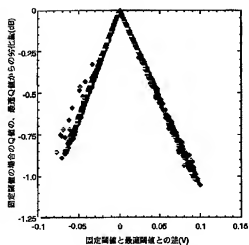
【図3】



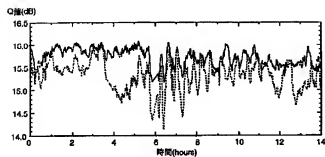
【図12】



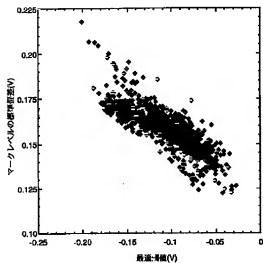
【図4】



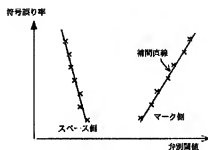
【図5】



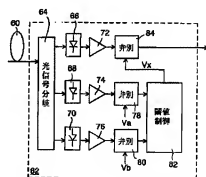
【図6】



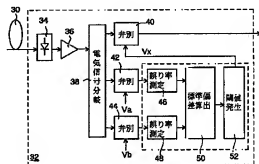
【図7】



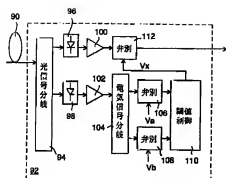
【図9】



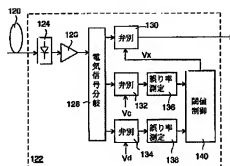
【図8】



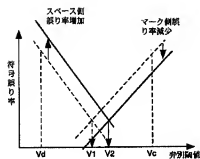
【図10】



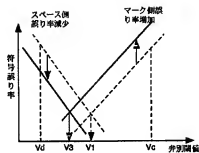
【図11】



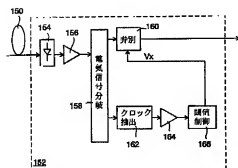
【図13】



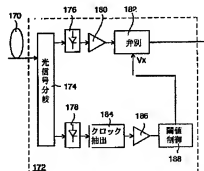
【図14】



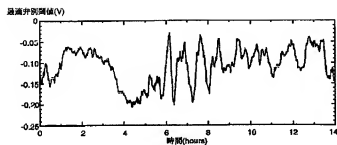
【図15】



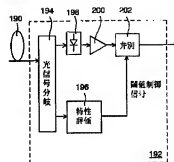
【図16】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁷

識別記号

F I

(参考)

H 0 4 B 10/04

10/06

H 0 4 L 12/28

F ターム(参考) 5J092 AA03 AA56 CA03 CA41 CA58

HA01 HA44 KA33 SA01 SA15

TA01 TA02 UL02 VL07

5K002 AA03 BA04 CA10 DA05 EA05

FA01

5K033 AA07 CB03 CB15 DB11 DB22

EA02

5K034 AA05 EE02 HH01 HH02 HH09

HH10 KK01 MM01 PP02